

Nederlandse organisatie  
voor toegepast  
natuurwetenschappelijk  
onderzoek



Fysisch en Elektronisch  
Laboratorium TNO



Postbus 96864  
2509 JG 's-Gravenhage  
Oude Waalsdorperweg 63  
's-Gravenhage

Telefax 070 - 328 09 61  
Telefoon 070 - 326 42 21

TNO-rapport

rapport no.  
FEL-90-B120

exemplaar no.

titel

7  
Dangerous Substance Advisor: een expert  
systeem voor het classificeren van gevaarlijke  
stoffen.

DTIC FILE COPY

Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt  
door middel van druk, fotokopie, microfilm  
of op welke andere wijze dan ook, zonder  
voorafgaande toestemming van TNO.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport  
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-  
opdrachten TNO', dan wel de betreffende  
terzake tussen partijen gesloten  
overeenkomst.

© TNO

auteur(s):

Ing. P.J.M. Warmerdam

Ing. A.J.Th. Rooijers



AD-A226 468  
TDCK RAPPORTENCENTRALE  
Frederikkazerne, Geb. 140  
van den Burchlaan 31  
Telefoon: 070-3166394/6395  
Telefax: (31) 070-3166202  
Postbus 90701  
2509 LS Den Haag

rubricering

titel

: ongerubriceerd

samenvatting

: ongerubriceerd

rapport

: ongerubriceerd

bijlagen (A t/m E)

: ongerubriceerd

oplage

: 34

aantal bladzijden

: 62 (incl. titelpag. en bijlagen  
excl. distr. lijst en RDP)

aantal bijlagen

: 5

datum

: juni 1990

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;  
Distribution Unlimited



90 09 13 220

rapport no. : FEL-90-B120  
titel : Dangerous Substance Advisor : een expert systeem voor het classificeren van gevaarlijke stoffen.  
auteur(s) : Ing. P.J.M. Warmerdam, Ing. A.J.Th. Rooijers  
instituut : Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO  
Prins Maurits Laboratorium TNO  
datum : juni 1990  
no. in iwp'90 : 704.2 + 729.5

=====

## SAMENVATTING (ONGERUBRICEERD)

Het FEL en PML hebben gezamenlijk een expert systeem ontwikkeld voor de classificatie van gevaarlijke stoffen. Het doel van dit onderzoek was tweërlei. Aan de ene kant (FEL) bestond de behoefte om ervaring op te doen met expert systemen. Aan de andere kant (PML) was er de wens de rubricering van gevaarlijke stoffen toegankelijker te maken. Het onderzoek heeft geresulteerd in een werkend prototype, dat aan de hand van stoffeigenschappen het betreffende produkt in een bepaalde gevarenklasse indeelt. De nadruk heeft gelegen op de klassen 3, 6.1 en 8, omdat deze drie klassen het grootste deel van het vervoersvolume uitmaken. Bij het project is zoveel mogelijk uitgegaan van de UN Recommendations. De indeling van de stoffen gebeurt met behulp van regels en beslissingstabellen. Hiertoe is de Precedence of Hazards Table naar eigen inzichten aanzienlijk uitgebreid. Deze bevat nu ALLE klassen en verpakkingsgroepen en bestuurt het gehele classificatie proces.



Accession For	
DTIC ORSI	<input checked="" type="checkbox"/>
DTIC TAB	<input type="checkbox"/>
Unannounced	<input type="checkbox"/>
Justification	
By	
Distribution/	
Availability Codes	
Dist	Avail and/or Special
A-1	

report no. : FEL-90-B120  
title : Dangerous Substance Advisor : an expert system for the classification of dangerous substances.  
author(s) : Ing. P.J.M. Warmerdam, Ing. A.J.Th. Rooijers  
institute : TNO Physics and Electronics Laboratory  
TNO Prins Maurits Laboratory  
date : june 1990  
no. in pow '90 : 704.2 + 729.5

---

## ABSTRACT (UNCLASSIFIED)

Both TNO-FEL and TNO-PML have, in cooperation, developed an expert system for the classification of dangerous substances. The goal of the research has been twofold. On the one hand there was the need to gain more experience in the building of expert systems (FEL), on the other hand, there was the desire to increase the accessibility of the classification of dangerous substances (PML). The research project has resulted in a working prototype, that classifies a product into a certain class on the basis of substance characteristics. Classes 3, 6.1 and 8 have been emphasized, because they make out the main part of substances in transport. Starting principle has been the UN Recommendations. Substances are classified by means of rules and decision tables. The Precedence of Hazards Table has been extended according to our own insights to contain *all* classes and packing groups. This controls the whole classification process.

*Deutch-Transp. -  
151*

	SAMENVATTING	1
	ABSTRACT	2
	INHOUD	3
1	INLEIDING	4
2	EXPERT SYSTEMEN	6
3	DSA SYSTEEM	10
4	DE KENNIS IN HET DSA SYSTEEM	19
5	TOEKOMSTIGE ASPECTEN	34
6	CONCLUSIES	37
	LITERATUURLIJST	38
	LIJST VAN AFKORTINGEN	39
	BIJLAGE A: OVERZICHT GEVAARSKLASSEN OP VOLGORDE VAN KLASSE- EN TABELNUMMER	
	BIJLAGE B: RANGORDE VAN GEVAARSEIGENSCHAPPEN	
	BIJLAGE C: KOOK- EN VLAMPUNTEN VAN DIVERSE ORGANISCHE VLOEISTOFFEN	
	BIJLAGE D: SYSTEEMONTWERP	
	BIJLAGE E: UITGEBREIDE PRECEDENCE OF HAZARD TABLE	

## 1 INLEIDING

### 1.1 Overzicht DSA project

De aanleiding tot het opzetten van een project voor de ontwikkeling van het expert systeem Dangerous Substance Advisor (DSA) was tweërlei. Enerzijds is het verwerven van ervaring met het ontwikkelen van kennissystemen nagestreefd. Anderzijds is beoogd om het kennisterrein van de rubricering van gevaarlijke stoffen op een gebruikersvriendelijke manier toegankelijk te maken, met name dat deel van het kennisterrein dat zich uitstrekt tot de rubricering van nieuwe stoffen. Deze doelen zijn verwezenlijkt in een samenwerkingsverband van het Prins Maurits Laboratorium TNO (PML-TNO) en het Fysisch en Electronisch Laboratorium TNO (FEL-TNO).

Tijdens het vooronderzoek bleek er behoefte te bestaan aan vier systemen voor wat betreft de omgang met gevaarlijke stoffen te weten :

- een classificatie advies systeem.
- een transport advies systeem.
- een advies systeem voor opslag en verpakking.
- een advies systeem aangaande het gebruik.

Aan de hand van de vergaarde gegevens is een voorlopige systeemschets (zie bijlage D) gemaakt. Van de vier deelsystemen is het classificatie advies systeem voor het pilot project gekozen, omdat aan dit systeem de grootste behoefte bestond. Het systeem rubriceert stoffen in een veertigtal gevarengroepen. Door met eenvoudige klassen te beginnen kon ervaring worden opgedaan voor de meer complexe klassen. Tijdens de voortgang van het project zijn meerdere malen tegenstrijdigheden en verschillen in de regels en voorschriften aangetroffen.

Op zich is dit niet zo verwonderlijk als men de aanzienlijke verscheidenheid aan voorschriften beschouwt met betrekking tot bijvoorbeeld de volgende aspecten:

- internationale regels en voorschriften (UN, EEG);
- nationale regels en voorschriften (ministerie, provincie, gemeente);
- de wijze van vervoer (auto, trein, schip, vliegtuig);
- soort vervoermiddel (soort auto, wagon, schip, vliegtuig);
- opslag- en verpakkingswijze;
- gebruikswijze.

Omdat het kennisdomein met betrekking tot gevaarlijke stoffen in zijn algemeenheid bijzonder groot is, moest tot een inperking overgegaan worden. Als uitgangspunt voor de rubricering is genomen de 'UN Recommendations on the transport of dangerous goods'. Daarbij is van een opzet uitgegaan, waarbij het betreden van andere, aansluitende onderdelen van het kennisterrein mogelijk gemaakt wordt.

## 1.2            Structuur van het rapport

Dit rapport beschrijft de resultaten van het samenwerkingsproject. Een deel van dit rapport is gewijd aan expertsystemen in het algemeen en een deel aan het DSA systeem in het bijzonder.

In het deel dat aan het DSA systeem is gewijd zal de kennisinhoud van het DSA systeem beschreven worden, waarbij de feitelijke inhoud en wijze waarop de kennis gestructureerd is aan bod komt. Ook wordt expliciet aandacht besteed aan die zaken die nog aan het systeem ontbreken en aan facetten van het systeem waarbij in een nieuwe versie rekening mee kan worden gehouden. In de bijlagen wordt een aantal zaken cijfermatig onderbouwd.

## 2 EXPERT SYSTEMEN

### 2.1 Inleiding

Alhoewel er in de literatuur en in de praktijk verschillende definities van expert systemen in omloop zijn, bestaat over het doel ervan wel een zekere mate van consensus. Dit doel kan als volgt worden omschreven:

Het op een gebruikersvriendelijke manier toegankelijk maken van specifieke en lastig te verwerven kennis met behulp van een (personal) computer. Aan deze globale formulering moet worden toegevoegd dat een expert systeem ontworpen wordt voor een bepaalde vooraf geïdentificeerde gebruikersgroep en één voor deze groep relevante klasse van specifieke problemen. Aspecten die bij een expert systeem in zijn algemeenheid van belang moeten worden geacht zijn :

- Het systeem representeert het resultaat van de aangeboden en ingevoerde kennis;
- Het systeem is een resultante van de analyse van het kennisterrein zoals deze door de ontwerpers van het systeem is uitgevoerd;
- De eigenschappen van het systeem worden mede bepaald door de gebruikte hulpmiddelen voor implementatie. De vertaalbaarheid van de algemeen als noodzakelijk gekenmerkte kennis op een specifiek terrein wordt aldus beïnvloed op twee niveaus. Het eerste niveau wordt gekenmerkt door het aantal en de kwaliteit van de bronnen, die zijn aangeboden om de kennis te verwerven. Op dat zelfde niveau bevindt zich ook een ander filter, want de vergaarde kennis wordt vervolgens door de specifieke bril van de onderzoekers bekeken en omgewerkt naar een analysemodel. Dit probleem is alleen te ondervangen door meerdere bronnen te raadplegen, een uitvoerige verslaglegging te maken en de analyse terug te koppelen naar de bron. Op het tweede niveau ondergaat het aldus verkregen analysemodel een vertaalslag naar een implementatie, die wordt ingepast in het gebruikte hulpmiddel, namelijk de lege shell of een Artificial Intelligence (AI) taal. Het resultaat hiervan is dus een weerspiegeling van de typisch eigen mogelijkheden van het gekozen hulpmiddel.

Ondanks deze aantekeningen zijn er zeker systemen te maken, die de toegankelijkheid van een specifiek kennisterrein aanmerkelijk vergroten, mede gezien de grote gebruikersvriendelijkheid van deze programma's en het lagere niveau van voorkennis dat vereist is. Voorts moet nog een ander belangrijk voordeel van expertsystemen in hun algemeenheid genoemd worden, namelijk dat bij de uitvoering van beslissingsprocedures, mits uitgaande van gelijke gegevens, het zelfde resultaat bereikt wordt, ongeacht de persoon van de uitvoerder, het tijdstip waarop en de persoonlijke gesteldheid van de uitvoerder op dat moment. Dit alles op voorwaarde dat de noodzakelijke gegevens correct worden ingevoerd. Voorts kenmerkt een expert systeem zich door het feit dat de wijze waarop het resultaat verkregen is (het redeneerproces) door het systeem in beeld gebracht kan worden en wel doordat de vragen en de daarop verkregen antwoorden zichtbaar kunnen worden gemaakt. Ook de wijze waarop het systeem de verschillende antwoorden tot een conclusie heeft omgewerkt kan het systeem laten zien.

Ter illustratie dat het bereiken van uniformiteit in resultaten een probleem kan zijn voor wat het kennisterrein van de rubricering van gevaarlijke stoffen betreft kan het volgende voorbeeld dienen. In het kader van het inbrengen van gegevens met betrekking tot gevaarlijke stoffen in de databank van het Brandweer Informatiecentrum te Geel (Belgie), het zogenaamde BIG, dient ondermeer de klasse-indeling vastgesteld te worden. Het hoofd van dit centrum heeft zichzelf eens getest op de consistentie van zijn beoordelingen door tweemaal een aantal stoffen in te delen. De betreffende stoffen waren niet direct eenduidig indeelbaar. Tussen de twee beoordelingen lag een ruime tijdsperiode en aangenomen mag worden dat de betrokken persoon een ruime ervaring heeft met betrekking tot deze materie. Toch bleken er behoorlijke verschillen in het resultaat te zijn opgetreden.

## 2.2 Werking van expert systemen

Bij de conventionele software systemen levert een bepaalde invoer een bepaalde uitvoer op. Zowel invoer als uitvoer zijn zichtbaar, terwijl de doorvoer zich aan het gezichtsveld onttrekt. Daarom worden dit wel 'blackbox' systemen genoemd. Om dezelfde reden zouden we expert systemen 'whitebox' systemen kunnen noemen. Meestal zijn deze systemen in staat de doorvoer zichtbaar te maken. Men kan de invoer door het systeem volgen middels trace faciliteiten. Zo kan er dus in het systeem gekeken worden, hoe uit



de invoer de uitvoer ontstaat. Zelfs als de uitvoer al ontstaan is kan er achteraf nog gekeken worden hoe deze ontstaan is. Niet alleen kunnen de afleidingen zichtbaar gemaakt worden, maar ook de regels, die deze uitgevoerd hebben. Bovenstaand wordt mogelijk gemaakt door een strikte scheiding van (de regels in) de kennisbank en de zogenaamde inference engine (afleidingsmechanisme).

### 2.3 AI-tools

Voor het bouwen van dit soort systemen worden hulpmiddelen gebruikt, die in vakjargon worden aangeduid met AI-tools. Deze AI-tools kunnen dan zijn :

- LISP (LISt Processing);
- PROLOG (PROgramming in LOGic);
- SHELLS.

LISP is een derde generatie programmeertaal uit de jaren zestig ontworpen door John McCarthy (1). Zijn bedoeling was een taal te ontwerpen, waarbij procedures en data dezelfde syntactische vorm hadden. Jarenlang is het gebruik van deze taal tot onderzoek- en onderwijsdoeleinden beperkt gebleven. Met de opkomst van de Artificial Intelligence is deze taal vooral in de Verenigde Staten opnieuw in de belangstelling komen te staan. De kracht van deze taal ligt vooral in schier onbeperkte zelf uit te breiden functionaliteit. Dit is tevens het grootste nadeel, omdat hierdoor op eenvoudige wijze ieder zijn eigen dialect kan ontwikkelen. Het aantal LISP dialecten is dan ook aanzienlijk. Om een eind aan deze wildgroei te maken is er eind jaren zeventig Common LISP (3) ontwikkeld.

PROLOG (PROgramming in LOGic) wordt in tegenstelling tot LISP vooral gebruikt in Europa en Japan. Prolog is ontwikkeld door Alain Colmerauer in 1973. Bij de universiteit van Edinburgh is een versie gemaakt met de nu meest gebruikte z.g. Edinburgh syntax (3). Vermeldenswaardig is hier nog, dat in het Japanse vijfde generatie project van PROLOG gebruik wordt gemaakt.

De belangrijkste eigenschap van PROLOG is dat het controle mechanisme van het programma niet door de programmeur, maar door de interpretator of het runtime systeem verzorgd wordt. Dit wordt duidelijk door de volgende definitie :

- Algoritme = Logica + Controle

Door de controle over te hevelen naar de interpretator of het runtime systeem hoeft de programmeur alleen de logica te beschrijven. Aanhangers van PROLOG beweren dan ook vaak, dat de probleembeschrijving meteen de oplossing in PROLOG is.

SHELLS zijn niet als LISP en PROLOG een taal, maar meer een ontwikkelomgeving. Zij bieden meestal o.a. de volgende faciliteiten :

- inferentie mechanisme(n) (forward/backward);
- trace- en uitleg mogelijkheden;
- I/O faciliteiten (windows).

Deze SHELLS zijn in vele kwaliteiten en prijsklassen op de markt verkrijgbaar voor PC, werkstation en de laatste tijd ook steeds meer voor mainframes. Met deze pakketten kan men in korte tijd werkende prototypes maken. De opdrachtgever kan zich dan al snel een beeld vormen van de (on)mogelijkheden van dit soort systemen.

### 3 DSA SYSTEEM

#### 3.1 Inleiding

Doel van het systeem is een zo snel mogelijke classificatie van een stof te verzorgen met zo weinig mogelijk gegevens en een zo groot mogelijke betrouwbaarheid. In figuur 3.1 is globaal de werking van het systeem. Aan de hand van stoffeigenschappen wordt een bepaald product ingedeeld in een gevarenklasse. Als b.v. de stof radioactief is levert dit klasse 7 op. Anders wordt systematisch het verdere schema afgelopen totdat alle gevaarsaspecten zijn beschouwd of onderweg een classificatie heeft plaatsgevonden.

#### 3.2 Kennisrepresentatie

Voor kennisrepresentatie in het systeem is gebruik gemaakt van regels in combinatie met tabellen. In dit hoofdstuk worden de voordelen van deze tabellen toegelicht mede met het oog op toekomstige uitbreidingen en aanpassingen. In hoofdstuk 5 worden een aantal aspecten, die bij de vormgeving van een toekomstige versie een rol kunnen gaan spelen naar voren gebracht en besproken.

#### 3.3 Implementatie

##### 3.3.1 Keuze van de lege shell

In dit project is gebruik gemaakt van het pakket Acquaint. De redenen om dit pakket te kiezen zijn de volgende.

Ten eerste is het een relatief goedkoop pakket hetgeen gezien de verkennende aard van het onderzoek mede een belangrijke factor was. Bovendien speelt, indien het DSA systeem commercieel exploiteerbaar zou blijken te zijn, de prijs van de lege shell mede een rol bij de uiteindelijke kosten van een DSA pakket.

De tweede reden is dat het een Nederlands produkt betreft. Dit heeft het voordeel dat de ondersteuning relatief gemakkelijk kan verlopen, bij overleg de voertaal Nederlands is en de reis en transportkosten minimaal zijn. Het pakket was op korte termijn leverbaar. Bovendien biedt het systeem

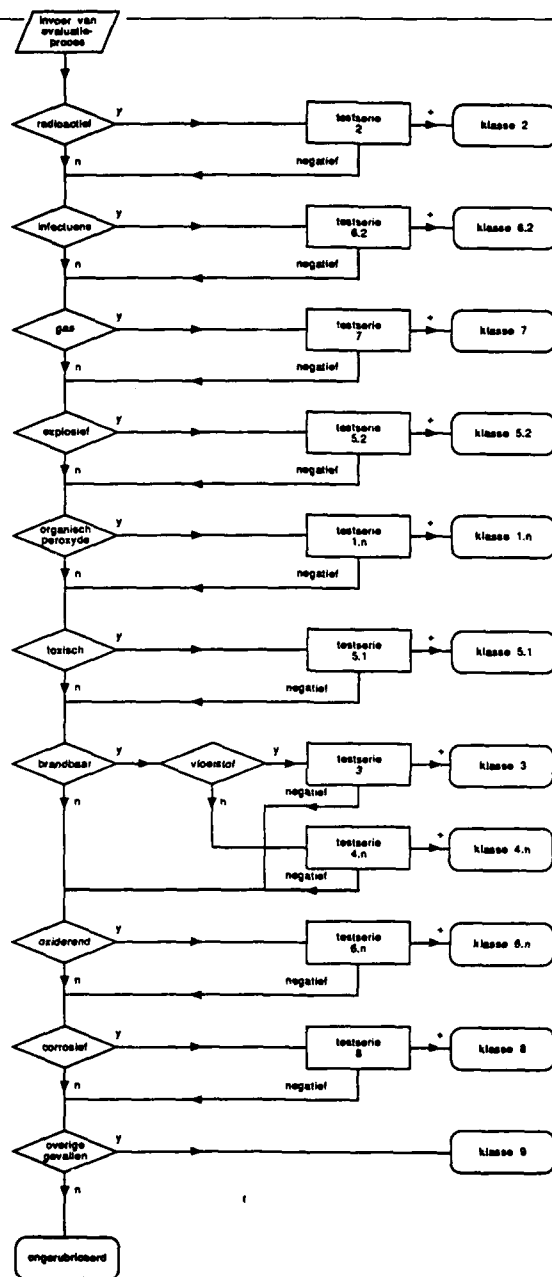


Fig. 3.1: Globaal classificatie schema.

Acquaint een aantrekkelijke layout en schermopmaak en steken de in- en uitvoerfaciliteiten gunstig af ten opzichte van andere pakketten.

De ervaring met het pakket heeft inmiddels geleerd dat het nog niet helemaal vrij van kinderziekten is. Na veel overleg is toch een versie van het pakket verkregen, die redelijk stabiel is en de voor het doel gewenste eigenschappen bezit.

### 3.3.2 Onderhoudsgemak door modulaire opbouw

De hiërarchische volgorde van classificatie is door de modulaire opbouw eenvoudig te veranderen. Bovendien is de classificatie zoveel mogelijk klasse onafhankelijk en per klasse in aparte modules ondergebracht. Dit verhoogt het gemak, waarmee het systeem kan worden uitgebreid en onderhouden.

De classificatie wordt gedaan met behulp van regels en beslissingstabellen. De regels zijn van het type :

'IF' conditie 'THEN' actie 1 'ELSE' actie 2.

De regels zijn per klasse gestructureerd ondergebracht in 'contexten'. Voor iedere klasse is er een context. In deze contexten wordt gekeken of een stof in de betreffende klasse kan worden ingedeeld. Is dit niet het geval dan wordt de volgende context geselecteerd en herhaalt het proces zich tot alle contexten zijn afgelopen. Wordt een stof wel ingedeeld dan wordt in de uitgebreide 'Precedence of Hazards Table' gekeken of andere nog niet beschouwde gevaarsaspecten prioriteit hebben boven de gevondene. In dat geval wordt de betreffende context geselecteerd en bepaald welk gevaarsaspect prevaleert.

### 3.3.3 De centrale beslissingstabel

Bovengestelde eisen van enerzijds snelheid gekoppeld aan zo weinig mogelijk gegevens opvragen en anderzijds betrouwbaarheid vragen om een centraal controle mechanisme dat de hiërarchie van de te stellen vragen bepaalt. Dit mechanisme is gevonden in de vorm van een beslissingstabel. Dit is een naar eigen inzicht uitgebreide "Precedence of Hazards Table" volgens de UN Recommendations. Deze tabel is uitgebreid in die zin dat ALLE klassen en verpakkingsgroepen opgenomen zijn (zie bijlage E). In het huidige DSA systeem is echter klasse 1 niet verder uitgewerkt noch naar divisie, noch naar compatibiliteitsgroep. Het opnemen van de divisies en compatibiliteitsgroepen in het systeem vereist overigens een relatief kleine ingreep. In bijlage E komen naast de negen

klassen volgens UN en de eventueel bijbehorende verpakkingsgroepen, ook nog twee andere klassen voor te weten :

- nummer 37. Deze stoffen hebben geen of zeer geringe gevaarseigenschappen.
- nummer 38. Deze producten zijn te gevaarlijk om te worden vervoerd.

Dat de gevarenklasse 1 niet verder is geplitst is het gevolg van de keuze, die gemaakt is om in deze opzet de aandacht te richten op die stoffen met het grootste vervoersvolume. Dit zijn de stoffen uit klasse 3, 6.1 en 8. Daarentegen is wel alvast rekening gehouden met drie gradaties van radioactiviteit in klasse 7. De tabel is opgebouwd uit 38 kolommen en rijen en is halfzijdig gevuld. De gevarenklassen en verpakkingsgroepen verschijnen zowel in de rijen als in de kolommen, deze zijn ter systematisering door genummerd. In het tabelelement verschijnt een nummer overeenkomstig met dat van de gevarenklasse en verpakkingsgroep dat na weging het grootste gevaar wordt toegekend. De afweging welke van de twee gevaarsaspecten van een produkt het belangrijkste genoemd moet worden is afhankelijk van de omstandigheden waarvoor deze vraag gesteld wordt. Deze relativiteit wordt duidelijk aan de hand van het volgende voorbeeld van een stof, die de volgende gevaarseigenschappen heeft:

1. middelmatig corrosieve eigenschappen;
2. doet in aanraking met water een grote hoeveelheid licht ontvlambare dampen ontstaan.

Voor transport is het primair belangrijk om deze stof binnen de verpakking te houden. De verpakking mag dus niet onder de corrosieve eigenschappen te lijden hebben, zodat het andere gevaarsaspect zich niet aan de omgeving kan meedelen. Echter in een ongevalssituatie met brand, waarbij bovendien de verpakking is opengescheurd, is het belangrijk om te weten dat dit produkt zo droog mogelijk moet worden gehouden. Het is duidelijk dat in deze gevallen de twee gevaarsaspecten van deze stof verschillend moeten worden gewogen. In feite moet dus voor elke situatie een aparte beslissingstabel opgezet worden, waarbij de wettelijk voorgeschreven regelingen opgenomen moeten worden. Dit geeft echter niet voor alle gevallen een eenduidige invulling van de tabel. Indien als voorbeeld een transportsituatie wordt genomen met de vraag tot welke klasse en verpakkingsgroep een stof met meerdere gevaarseigenschappen behoort, dan kan het

antwoord afhankelijk zijn van de vervoerswijze, eventueel bestemming (sommige landen laten bepaalde produkten niet toe ) en de verpakking.

Met betrekking tot het DSA systeem is gekozen om de afweging te baseren op de UN Recommendations en zoveel mogelijk de Precedence Table te volgen en deze aan te vullen naar eigen inzicht.

Andere bases voor afweging zijn :

- Naar RID en ADR voor respectievelijk het rail- en wegtransport;
- Naar ICAO en IMO voor respectievelijk lucht- en zeetransporten;
- Naar ADNRR voor de binnenvaart;
- Arbeidsveiligheid waarbij de langdurige blootstelling aan relatief lage concentraties een rol speelt;
- de Wet Milieugevaarlijke Stoffen.

### 3.4 UN Recommendations als basis voor indeling

Voor de werking van het DSA systeem is het noodzakelijk dat allereerst een vermoeden tot welke gevarenklasse een produkt behoort wordt vastgesteld. Dit vaststellen kan ook zeer wel op een weten gebaseerd zijn. Staat het vermoeden vast dan vervolgt het systeem met een toets. De toets betreft de afweging of die bepaalde klasse nog overschaduwd zou kunnen worden door een andere klasse met een hoger gewaardeerd gevaar. Is dit niet het geval dan acht het systeem zijn doel bereikt en geeft de gevonden klasse met eventueel de verpakkingsgroep als eindresultaat. Mocht echter een combinatie van klasse en verpakkingsgroep bestaan waarvan het gevaar prevaleert, dan probeert het systeem vervolgens vast te stellen of het produkt soms tot die klasse zou kunnen behoren. Uit bijlage E blijkt voor het DSA systeem bijvoorbeeld dat een zeer radioactief produkt (nummer 27) precedeert. Produkten die zeer weinig giftig zijn (nummer 25) en produkten die zeer weinig oxiderend zijn (17) blijken een zeer lage precedentie te hebben gekregen en worden om deze reden bijna altijd door een andere gevaarseigenschap verdrongen. Bij stoffen met meerdere gevaarseigenschappen wordt in dit verband ook wel gesproken van een primaire en secundaire gevarenklasse.

De basis voor de indeling van de verschillende produkten in gevarenklassen en divisies wordt deels gevonden in de diverse regelgevingen. Echter niet voor alle klassen is die regelgeving ten volle of soms zelfs geheel niet uitgewerkt. Indien zoals voor de klassen 3,

6.1 en 8 er wel criteria vastgelegd zijn wil dit nog geenszins zeggen dat de huidige ingedeelde produkten beantwoorden aan die criteria. Want de indeling van produkten vóór de invoeringsdatum van de thans geldende criteria, is geschied op basis van een min of meer GEVOELSmatige inschatting van de gevaren, die een produkt kan veroorzaken. Daardoor is het zeer wel mogelijk dat een aantal produkten een klasse indeling heeft, die niet met de bestaande criteria te verenigen is. Bovendien is het ook nu nog steeds mogelijk om een indeling op basis van 'human experience' aan een produkt mee te geven, die niet strookt met de criteria. De reden voor een afwijken kan gelegen zijn in ervaring of in een criterium dat niet gedekt wordt door de thans geldende regelingen. De criteria, die voor de invulling van het DSA systeem gehanteerd zijn, zijn afkomstig uit de UN Recommendations. Voor de invulling van de later te behandelen materiaaltabellen (3.6) is gebruik gemaakt van de reeds ingedeelde stoffen volgens UN en volgens het ADR. Door de grotere mate van onderverdeling van stoffen in categorieën is het ADR de voornaamste bron geweest.

### 3.5 Flexibiliteit

De flexibiliteit van het DSA systeem wordt op een aantal manieren verzekerd. Een daarvan is de tabelvorm van het centraal controle mechanisme en een andere is de numerieke waardering van de tabelelementen. Ter toelichting wordt het volgende gesteld:

- De tabelvorm maakt het ten eerste mogelijk dat anderen als gevaarlijk beoordeelde eigenschappen als een extra rij en kolom aan de nu bestaande tabel kunnen toevoegen. Het probleem dat zich dan voordoet is het maken van een afweging van het toegevoegde gevaar ten opzichte van de reeds bestaande. Bovendien kunnen dan criteria die een gevaarsonderkenning mogelijk moeten maken in de juiste vorm ingevoerd worden. Echter dit betreft enkel toevoegingen die de rest van het systeem niet raken.
- Een andere mogelijkheid is om de invulling van de beslissingstabel, in de vorm van de gevaarsomschrijvingen, volledig te wijzigen, dit heeft echter niet tot gevolg dat het principe gewijzigd wordt. Anders gezegd het wezen van het systeem wordt niet aangetast alleen de feitelijke invulling is anders. Op deze wijze zou voor een heel ander onderwerp een classificatie systeem opgezet kunnen worden, zonder al te wezenlijke ingrepen.



- Een ander aspect dat de flexibiliteit waarborgt is de numerieke waardering van de tabelelementen. De tabelelementen bevatten de waarde van die gevaarseigenschap, die de grootste waardering heeft gekregen. Nu kan aan het tabelelement additionele informatie toegevoegd worden en wel door honderd en eventueel duizendtallen aan de waardering van het tabelelement toe te voegen. Als voorbeeld kan het transport van gevaarlijke goederen dienen. Eerder is reeds opgemerkt dat de klasse-indeling van een produkt met meerdere gevaarseigenschappen afhankelijk kan zijn van bijvoorbeeld de vervoerswijze.

Indien een stof meerdere gevaarseigenschappen heeft kan door het uitvoeren van meerdere sessies de andere gevaarseigenschappen vastgesteld worden. Per sessie kan op deze manier één gevaarseigenschap tegelijkertijd worden vastgesteld. In volgende sessies dienen de in vorige sessies al gevonden gevaarseigenschappen natuurlijk wel buiten beschouwing gelaten te worden.

### 3.6 Materiaaltabel

Wanneer bepaalde noodzakelijke eigenschappen van een te classificeren produkt niet bekend zijn kan soms toch een uitspraak gedaan worden over het mogelijk behoren van dat produkt tot een bepaalde klasse of divisie. Die uitspraak is gebaseerd op één aan de hand van reeds geclassificeerde produkten opgestelde materiaaltabel. Daartoe zijn de reeds geclassificeerde produkten in een klasse of divisie eerst geanalyseerd en in de tabel ondergebracht. In de meeste gevallen vindt een splitsing plaats in metaalionen en tegenionen. Elk van de groepen ionen wordt in de kolom of rij gezet. In het tabelelement verschijnt een bepaalde numerieke code. Op dit moment gehanteerde codes zijn :

- 0. no known hazard of niet genoeg gegevens;
- 1. packinggroup I;
- 2. packinggroup II;
- 3. packinggroup III;
- 4. Forbidden IATA;
- 5. Suspect;
- 6. Subsidiary risk;
- 7. ADR only.

Deze codes kunnen eenvoudig met meer cijfers uitgebreid worden door b.v. tientallen of honderdtallen erbij op te tellen. De tientallen zijn wellicht te reserveren voor de aard van de subsidiary risks en de honderdtallen voor de vervoersaard. Op deze wijze kan dus meer relevante informatie in de code worden opgeslagen dan nu het geval is. Een nadere invulling van dit systeem zal bij een volgende versie nader overwogen kunnen worden. Het hanteren van bijvoorbeeld de subsidiary risk heeft het voordeel dat meteen van een produkt het primaire en secundaire gevaarsaspect gegenereerd wordt. Op deze wijze kunnen ook snel de verschillende gevarenindelingen voor de vervoerstakken in beeld worden gebracht.

Deze materiaaltabellen zijn tot nu toe voornamelijk voor anorganische moleculen opgesteld. Het is waarschijnlijk voor de meeste klassen ook mogelijk materiaaltabellen voor organische moleculen op te stellen. Voorwaarde is dat de moleculen gesplitst worden in een aantal delen . Dit aantal wordt dan de dimensie van de tabel, terwijl de delen als index voor de betreffende tabel gebruikt worden. Aldus wordt in een keer het

hele scala aan gevaarseigenschappen in beeld gebracht. Materiaaltabellen geven dus veel meer informatie dan enkele lijsten met veel voorkomende termen in naam of handelsnaam van een produkt. Nemen we als voorbeeld bariumcyanide, dan splitsen we dit in barium en cyanide. Het ophalen van het betreffende tabelelement in de materiaaltabel van de giftige stoffen (giftabel(barium,cyanide)) levert de waarde 1 op (zie 4.7.1). Dit betekent dan dat bariumcyanide giftig is en in verpakkingsgroep I behoort. Op dit moment bestaan er in het prototype materiaaltabellen voor :

- oxiderende stoffen (zie paragraaf 4.5).
- anorganische giftige stoffen (zie paragraaf 4.7.1).
- organische giftige stoffen (zie paragraaf 4.7.2).
- anorganisch bijtende stoffen (zie paragraaf 4.10.1).
- organisch bijtende stoffen (zie paragraaf 4.10.2).

Op deze plaats dient er overigens op gewezen te worden dat de materiaaltabellen zoals die in hoofdstuk 4 aan bod komen niet noodzakelijkerwijs de tabellen hoeven te weerspiegelen zoals die momenteel in het DSA systeem opgenomen zijn. Veranderingen en uitbreidingen zijn hieraan debet. Bovendien is gezien de omvang slechts een klein gedeelte van de tabellen in dit verslag opgenomen. Verder verdient het aanbeveling de inhoud en de waardering van de tabelelementen te controleren en indien noodzakelijk aan de huidige stand van zaken aan te passen.

## 4 DE KENNIS IN HET DSA SYSTEEM

### 4.1 Klasse 1 Explosieven

Het criterium dat voor klasse 1 aangelegd wordt is :

- heeft het produkt explosieve eigenschappen ;
- wordt het produkt als explosief aangeduid of gebruikt.

Omdat zoals boven reeds is aangevoerd de prioriteit bij de klassen 3, 6.1 en 8 gelegd is, is de klasse 1 slechts zeer beperkt ingevuld. Na het voorleggen van het bovenomschreven criterium biedt het systeem indien met "unknown" wordt geantwoord, nog de mogelijkheid om de naamgeving van het produkt te toetsen aan de volgende, zeker niet uitputtende opsomming van begrippen of namen die in produkten met explosieve eigenschappen kunnen voorkomen.

Ammunition	Contrivances
Bomb	Detonating
Booster	Detonator
Burster	Explosive
Cartridge	Firework
Charged	Flare
Charges	Flash

Indien de gebruiker een van de bovenstaande termen herkent en als zodanig meedeelt aan het systeem, dan wijst DSA dit produkt aan de klasse 1 toe, mits vastgesteld is dat het geen produkt betreft met nog gevaarlijker eigenschappen. Er zijn, als eerder aangevoerd, nog geen divisies of compatibiliteitsgroepen ingevoerd. Te overwegen valt om deze in een volgende versie op te nemen.

#### 4.2 Klasse 2 Gassen

Het criterium dat aangelegd wordt om vast te stellen of een produkt tot de klasse 2 behoort is tweeledig te weten :

- de kritieke temperatuur is kleiner is dan 50° Celsius ;
- de dampdruk bij 50° Celsius is groter dan 300 kPa.

Omdat ook vloeistoffen tot deze klasse behoren kan niet direct uit de aggregatietoestand bij kamertemperatuur worden afgeleid dat het een produkt van klasse 2 betreft. Bovendien kunnen in een vloeistof gassen opgelost zijn en aldus een produkt van klasse 2 worden. Het DSA systeem stelt indien nodig de vraag of in de vloeistof een gas is opgelost.

#### 4.3 Klasse 3 Brandbare vloeistoffen

De UN Recommendations hanteren een aantal samengestelde criteria om vast te stellen of een produkt tot de klasse 3 behoort. Twee produkteigenschappen moeten bekend zijn, te weten het vlampunt en het kookpunt. Over beide eigenschappen zijn enige opmerkingen te maken. Ten aanzien van het vlampunt moet in de eerste plaats vast komen te staan of het produkt wel branden kan. Is dit niet het geval dan is het geen produkt van klasse 3. Zo ja wat is dan het vlampunt? Vlampunten kunnen door twee erkende methoden worden vastgesteld, namelijk met de 'open' en 'closed cup' methode. Voor een eerste schatting van het vlampunt met 'closed cup' indien het vlampunt met 'open cup' wel bekend is kan 5.1° Celsius van het laatste vlampunt worden afgetrokken

Met het kookpunt wordt tevens bedoeld die temperatuur waarbij een kooktraject aanvangt en van een mengsel dat stoffen bevat die bij verschillende temperaturen koken die stof die het laagste kookpunt heeft. Door azeotropie kan de kooktemperatuur van het mengsel lager of hoger zijn dan dat van de samenstellende componenten. Deze laatste opmerking is van belang voor het doen van een voorspelling van de kooktemperatuur van mengsels.

##### 4.3.1 Visceuze stoffen

Ten aanzien van bepaalde brandbare en vloeibare produkten met een vlampunt, bepaald via de 'closed cup' methode, dat lager is dan 23° Celsius kan toch besloten worden deze niet in te delen in verpakkingsgroep II maar in verpakkingsgroep III. Dit betreft visceuze

produkten als verven, lakken, lijmen enzovoort. Vereist is een vlampunt bepaald met 'closed cup', een met een erkende methode bepaalde viscositeit, een vloeistofafscheidingstest en een verpakking van het produkt, die niet meer dan 30 liter kan bevatten. Bovendien worden nog enige eisen gesteld aan de samenstellende componenten ten aanzien van de subsidairy risks. Ten aanzien van RID/ADR zijn enige afwijkende regels van kracht, maar in hoofdlijnen volgt het weg- en railvervoer de criteria van de UN Recommendations ten aanzien van de visceuze produkten.

#### 4.3.2 Stoffen met een onbekend vlampunt

Vlampunten zijn vaak echter niet bekend. In deze gevallen kan een schatting van het vlampunt worden gemaakt aan de hand van het kookpunt van de vloeistof, mits brandbaar. Daartoe hanteert het systeem de volgende door de auteurs ontwikkelde criteria. Het expert systeem wijst een stof met een kookpunt lager dan 140° Celsius aan verpakkingsgroep II toe en indien de kooktemperatuur hoger is dan 210° Celsius dan behoort het produkt niet tot klasse 3. De betrouwbaarheid van deze uitspraken is ongeveer 95%. Produkten die een kookpunt hebben dat tussen deze twee grenswaarden ligt worden aan verpakkingsgroep III toegewezen. Organo-metaalverbinding vormen op deze twee bovenstaande criteria echter een uitzondering. Deze kenmerken zich door een zeer hoog kookpunt en een zeer laag vlampunt. Deze produkten dienen uit veiligheidsoverwegingen in verpakkingsgroep II ingedeeld te worden indien het kookpunt hoger is dan 35° C. De indeling in de verpakkingsgroep is conservatief. De kans dat het systeem een hoog kokend vloeibaar produkt onterecht aan klasse 3 verpakkingsgroep III toewijst is relatief groot.

#### 4.4 Klasse 4 Brandbare vaste stoffen

Vanwege de prioriteitenstelling is aan de klasse 4 nauwelijks aandacht besteed. Het systeem beperkt zich tot de vraag of het produkt tot één van de volgende klassen behoort:

- 4.1 Brandbare vaste produkten;
- 4.2 Voor zelfontbranding vatbare produkten;
- 4.3 Stoffen die met water brandbare gassen ontwikkelen.

De scheiding tussen de divisie 4.1 en 4.2 is niet scherp mede door het feit dat er geen criteria voor de indeling bestaan. Niettemin zijn er in organische materialen groepen aan

te wijzen, die een rol kunnen spelen bij de beoordeling in welke divisie het produkt thuis hoort.

Voorbeelden van potentieel instabiele groepen zijn:

alkyn	$-C \equiv C-$
azo	$-C-N=N-C$
azide	$-N_3$
diazo	$-CN_2$
diazarine	$\begin{array}{c} N \quad - \quad N \\ \quad \backslash \quad / \\ \quad \quad C \\ \quad / \quad \backslash \end{array}$
epoxide	$\begin{array}{c} -C \quad - \quad C- \\ \quad \backslash \quad / \\ \quad \quad O \end{array}$
nitraat	$-ONO_2$
nitriet	$-ONO$
nitro	$-NO_2$
nitroso	$-N=O$
sulfohydrazide	$-SO_2-NH-NH_2$

Deze lijst is niet compleet. Bovendien dient de chemische omgeving van de groep in de overweging meegenomen te worden om te beoordelen of daarvan een versterkende of verzwakkende werking te verwachten valt. Het meerdere malen voorkomen van een groep of combinatie van genoemde groepen zal de kans op een classificatie doen toenemen.

Voor de divisie 4.2 en 4.3 zijn tabellen te ontwikkelen analoog aan die van divisie 5.1. Voor de divisie 4.1 kan in een verdere opzet tevens een namen- of termenlijst opgenomen worden met produkten die deel uitmaken van divisie 4.1.

#### 4.5 Klasse 5.1 Oxiderende stoffen

De basisvraag voor produkten van deze divisie is of het produkt oxiderende eigenschappen heeft. Indien deze vraag met 'ja' wordt beantwoord dan kan het produkt een potentiële kandidaat voor deze klasse zijn. Vervolgens moet de verpakkingsgroep nog worden vastgesteld en kan het systeem een aanbeveling over de indeling doen. Echter indien dit onbekend is ligt de situatie anders. In het DSA systeem is dit verder uitgewerkt met onder andere een materiaaltabel, zoals deze zijn toegelicht in paragraaf 3.6. Indien het produkt anorganisch is, dan kan met behulp van de onderstaande tabel eventueel vastgesteld worden of het produkt kans maakt tot deze divisie te behoren. Een gedeelte van deze materiaaltabel is hieronder afgedrukt.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Aluminium	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	2	2	0	0	0
Ammonium	0	4	4	0	2	0	2	0	0	0	2	4	0	2	0	4	2	3	0	0
Barium	0	2	2	0	2	0	0	0	2	0	2	2	0	2	0	2	2	0	0	0
Beryllium	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	6	2	0	6	0	6	6	0	0	0
Caesium	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	2	0	0	0
Calcium	0	2	2	1	2	0	0	0	2	2	3	2	0	2	0	2	2	0	0	0
Chromium	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	3	2	0	2	0	2	2	0	0	2
Cobalt	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	2	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Met																				
1. Acid dry																				
2. Bromate																				
3. Chlorate dry																				
4. Chlorate soluted																				
5. Chlorite																				
6. Chlorite solid																				
7. Dichromate																				
8. Dioxide																				
9. Hypochlorite dry																				
A. Hypochlorite mixture																				
B. Nitrate																				
C. Nitrite																				
D. Percarbonate																				
E. Perchlorate																				
F. Perchlorite																				
G. Permanganese																				
H. Peroxide																				
I. Persulphate																				
J. Superoxide																				
K. Trioxide dry																				

Is het produkt niet anorganisch dan kan als laatste met behulp van de onderstaande lijst nog gekeken worden of het produkt in divisie 5.1 thuis hoort. Dit is het geval als in de naam één van onderstaande termen voorkomt :

- chloric-acid;
- dichloro-cyanuric-acid;
- hydrogen peroxide solution;
- jodine-penta-fluoride;
- tetra-nitro-methane;

- trichloro-cyanuric-acid;
- zinc-ammonium-nitrite.

#### 4.6            Klasse 5.2 Organische peroxiden

Deze divisie heeft een uitwerking ondergaan, die beperkt is gebleven tot de basisvraag. De voorwaarden waaraan voldaan moet worden om een produkt tot deze klasse te laten behoren zijn :

- het is organisch;
- het bevat een peroxide groep.

Het systeem stelt dan ook beide vragen. Vooral de eerste vraag kan aanleiding geven tot verwarring en voor de beantwoording is enige chemische kennis vereist. Het valt te overwegen de vraag om te draaien en te vragen of de stof anorganisch is. Die vraag laat zich veel eenvoudiger toelichten. Bovendien als die vraag al in een vroeg stadium gesteld wordt, bijvoorbeeld bij de elementaire vragenlijst, kunnen in een later stadium tal van vragen overgeslagen worden.

De andere vraag of het een peroxide betreft kan toegelicht worden aan de hand van het voorleggen van een lijst met termen, die in de naamgeving volgens IUPAC voor moeten komen wil het een peroxide betreffen. Deze termen zijn :

- peroxy;
- dioxo;
- trioxo;
- tetraoxo.

Deze lijst kan verder uitgebreid worden met andere veel gebruikte synoniemen voor deze groepen. Ook kan er overwogen worden gebruikelijke handelsnamen in een aparte lijst op te nemen.

#### 4.7 Klasse 6.1 Giftige stoffen

Om een produkt als giftig te beoordelen dient momenteel aan één of meerdere criteria voldaan te zijn. Daarvoor zijn echter wel een aantal basis toxicologische gegevens noodzakelijk. Bekend dient te zijn het eventueel giftig zijn van het produkt bij :

- inademen (inhalatie);
- opname door de huid (dermaal);
- opeten (oraal).

Voor elk van deze wijzen van opnemen in het menselijk lichaam zijn grenswaarden gesteld met betrekking tot één van de verpakkingsgroepen . De mate van giftigheid wordt uitgedrukt in een letale doses voor 50 % van een populatie van proefdieren binnen een bepaalde tijdsduur. Dit wordt de LD<sub>50</sub> waarde genoemd.

Lang niet altijd zullen alle benodigde gegevens direct voor handen zijn. Dit wordt ondermeer veroorzaakt doordat de noodzakelijke proeven een geruime tijd vergen en relatief duur zijn. In de gevallen waarin niet over voldoende gegevens beschikt kan worden biedt het DSA systeem de gebruiker nog een aantal hulpmiddelen. Aangetekend moet worden dat deze hulpmiddelen echter nog niet ten volle ontwikkeld zijn. Om daarvan gebruik te maken wordt een driedeling gemaakt. Daartoe worden wederom organische en anorganische moleculen onderscheiden en bovendien moet vastgesteld worden of het los van dit verschil een pesticide betreft. In onderstaande paragrafen worden de hulpmiddelen toegelicht.

##### 4.7.1 Anorganisch

Voor anorganische moleculen kan de onderstaande tabel een helpende hand bieden bij het maken van een eerste schatting van de gevarenklasse indeling van een produkt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Aluminium	0	0	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	6	1	1	0	2	0
Ammonium	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	3	3	0	6	0	0	0	0	1	1	6	0	2
Antimony	0	1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	6	0	0
Arsenic	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0
Barium	0	1	0	0	6	0	3	3	0	1	3	0	3	6	0	0	3	6	1	1	3	0	0
Beryllium	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	2	1	1	0	0	0
Cadmium	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	0	2	0
Calcium	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	6	1	1	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Met																							
1. Acetate																							
2. Anorganic compound																							
3. Arsenate																							
4. Arsenite																							
5. Azide																							
6. Bromide																							
7. Carbonate																							
8. Chloride																							
9. Chromate																							
A. Cyanide																							
B. Fluoride																							
C. Fluorosilicate																							
D. Hydroxide																							
E. Nitrate																							
F. Organic Carbonyl																							
G. Organic Compound																							
H. Oxide																							
I. Powder/pure																							
J. Selenate																							
K. Selenite																							
L. Sulphide																							
M. Telluride																							
N. Vanadate																							

Bovenstaande tabel is nog niet geheel uitgewerkt en hierboven gezien de omvang slechts gedeeltelijk afgedrukt. Waarschijnlijk is het op basis van een zorgvuldige vergelijking van gegevens van de klasse indeling van de verschillende componenten mogelijk om een schatting te maken van de klasse indeling van de verschillende stoffen. Vele andere metalen en zouten kunnen eenvoudig in bovenstaande tabel opgenomen worden.

## 4.7.2 Organisch

Een eerste poging is gedaan om ook voor organische moleculen een materiaaltabel op te zetten. Een gedeelte van het resultaat is de onderstaande tabel. De achterliggende geachte is om een organisch molecuul te splitsen in een stam en een daarmee verbonden kenmerkende groep.

De naam van de stam en de kenmerkende groep zijn tot een absoluut minimum teruggebracht om een zo groot mogelijk compactheid te bereiken. Vervolgens moet per tabelelement de gemiddelde LD<sub>50</sub> waarde voor zowel inhalatie, oraal als dermaal genoteerd en gecorreleerd worden waarna misschien een uitspraak gedaan kan worden over de gemiddelde LD<sub>50</sub> waarde. Aldus kan dan de verpakkingsgroep van een organische stof met een bepaalde betrouwbaarheid gegenereerd worden.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Aldehyde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bromite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bromo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Met																		
1. Acet										A. Hex								
2. Allyl										B. Pent								
3. Anilin										C. Phen								
4. Azo										D. Prop								
5. Benz										E. Pyr								
6. But										F. Tetra								
7. Di										G. Tolu								
8. Eth										H. Tri								
9. Hept										I. Xyl								

Gezien de veelomvattendheid van dit onderzoek op zich, is het bij een eerste opzet gebleven. Een uitwerking van deze opzet zal veel tijd vergen ten eerste om de gegevens te verzamelen en ten tweede om de gegevens te verwerken, een chemometrie programma zal zeker noodzakelijk zijn om tenminste met enig betrouwbaarheid een kansschatting te genereren. Alhoewel er tegenwoordig steeds meer databanken (bv RTECS en OHMTADS) op CD-ROM worden aangeboden, verhindert de wijze waarop de gegevens in deze databanken opgeslagen zijn een gemakkelijk bijeen brengen van de noodzakelijke gegevens.

Een ander facet dat in dit verband een rol speelt is het gegeven dat, indien de LD<sub>50</sub> waarde al bekend is, het gebruikte proefdier zelden de voorgeschreven albino rat (voor orale en inademings giftigheid) of het albino konijn (dermale giftigheid) is. Bovendien kan de toedieningswijze afwijkend bijv. rectaal of intraveneus of de onderzochte populatie te klein zijn.

#### 4.7.3 Pesticiden

Pesticiden vormen een aparte groep in de giftige stoffen. Voor een groot aantal met name genoemde pesticiden zijn concentratie versus verpakkingsgroep tabellen opgesteld. Korthedshalve wordt hierbij verwezen naar de voor elke vervoersaard geldende opsomming. Indien het niet bekend is of een produkt tot de pesticiden behoort is echter wel een aparte trefwoorden lijst met uitgangen van handelsnamen beschikbaar, dit om langs deze weg te checken of het produkt misschien in deze categorie valt. In onderstaande lijst zijn "uitgangen" opgesomd, die 40 % van de in het ICAO Handbook opgesomde pesticiden dekt.

- carb
- vos
- phos
- fox
- quat
- in
- thion
- erb
- am

#### 4.8 Klasse 6.2 Infectueuze stoffen

Tot deze klasse behoren produkten, die ziekteverwekkende eigenschappen hebben zoals virussen in oplossing of in kristallijne vorm en bacterie stammen. Gezien het relatief geringe aandeel van deze produkten in het vervoersvolume is de uitwerking van deze klasse beperkt gebleven tot de vraag of het produkt ziekteverwekkende eigenschappen heeft.

Bovendien moet aangetekend worden dat de omschrijving van klasse 6.2 in het RID/ADR gedeeltelijk anders is. In dat systeem worden de walgingwekkende stoffen tot de produkten gerekend, die tot deze klasse behoren, zoals stalmeest, huiden, pezen, klauwen, kalvermagen enzovoort. Het opsommingscijfer 11 van het RID/ADR omvat eigenlijk de gehele klasse 6.2 volgens de UN Recommendations.

#### 4.9 Klasse 7 Radioactieve stoffen

Als criterium voor een stof om tot klasse 7 te behoren wordt gesteld dat het produkt een specifieke activiteit groter dan 74 kBq/kg heeft. Klasse 7 is niet verder uitgewerkt, alhoewel er in de beslissingstabel wel een onderverdeling in drie divisies gemaakt is. Een uitbreiding van deze klasse kan bereikt worden door een lijst met elementen voor te leggen, die notoire kandidaten zijn om tot deze klasse te behoren. In dit geval zijn de zoutvormende componenten en eventuele andere groepen niet direct interessant. Hoewel er produkten zijn die ook subsidiary risks hebben, zoals thoriumnitraat dat naast radioactieve ook nog oxiderende eigenschappen heeft.

Een niet uitputtende lijst van elementen, die in het systeem opgenomen zou kunnen worden, wordt hieronder gegeven.

Beryllium	Cobalt
Fosfor	Jodium
Koolstof	Plutonium
Thorium	Tritium
Uranium	

Indien radioactieve stoffen deel uit maken van mengsels zal in de meeste gevallen het radioactief zijn het zwaarst wegen, als de grenswaarde van 74 kBq/kg overschreden wordt.

## 4.10 Klasse 8 Bijtende stoffen

Een produkt heeft bijtende eigenschappen, indien het in staat is het epitheelweefsel van de huid aan te tasten en wel door op de kontaktplaats weefselafsterving of necrose te veroorzaken. Een gevaarsgradatie is ingesteld door een tijdsfactor in te voeren. Treedt necrose op binnen 3 minuten na het in aanraking komen dan is het een produkt van verpakkingsgroep I. Treedt necrose op na die 3 minuten maar binnen de 60 minuten dan is verpakkingsgroep II van toepassing. Tot verpakkingsgroep III behoren die produkten, die het verschijnsel veroorzaken na een periode langer dan 1 uur maar binnen de 4 uur. Tot de verpakkingsgroep III behoren ook die produkten, die in staat zijn om onder gespecificeerde omstandigheden een bepaalde aantasting van staal of aluminium te geven.

Indien de benodigde gegevens niet bekend zijn kan met behulp van een aantal hulpmiddelen een schatting gemaakt worden of een produkt tot de klasse 8 gerekend kan worden. Ook wordt hier in eerste instantie een scheiding gemaakt tussen organische en anorganische moleculen.

## 4.10.1 Anorganisch bijtende stoffen

Voor de anorganische moleculen is de volgende materiaal tabel opgesteld. Deze tabel kan met een groot aantal stoffen aangevuld worden en is onderstaand gedeeltelijk afgedrukt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Aluminium	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ammonium	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antimony	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0
Boron	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0
Bromine	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0
Calcium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6	0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F G H I J K L M N

Met:

1. Bromide

D. Oxytrichloride



- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 2. Bromine      | E. Pentabromide  |
| 3. Chloride     | F. Pentachloride |
| 4. Dichloride   | G. Pentafluoride |
| 5. Difluoride   | H. Penta-oxide   |
| 6. Disulphate   | I. Sulphite      |
| 7. Fluoride     | J. Tetrachloride |
| 8. Hexafluoride | K. Tribromide    |
| 9. Hydroxide    | L. Trichloride   |
| A. Oxide        | M. Trifluoride   |
| B. Oxybromide   | N. Tri-oxide     |
| C. Oxychloride  |                  |

#### 4.10.2 Organisch bijtende stoffen

Met betrekking tot organische moleculen kan het systeem de volgende lijst met termen voorleggen om te zien of het produkt een kans maakt om tot de klasse 8 te behoren. Daartoe wordt gekeken of de naam van de stof eindigt op een van de volgende termen :

1. - acid
2. - acid-anhydride
3. - acid-bromide
4. - acid-chloride
5. - acid-fluoride
6. - acid-dibromide
7. - acid-dichloride
8. - acid-difluoride
9. - acid-tribromide
10. - acid-trichloride
11. - acid-trifluoride
12. - amine
13. - boric-trifluoride-(complex)
14. - diamine
15. - triamine
16. - yl-bromide
17. - yl-chloride
18. - yl-jodide
19. - yl-dichlorosilane
20. - yl-trichlorosilane
21. - yl-silane

#### 4.11 Klasse 9 Andere gevaarseigenschappen

Voor klasse 9 zijn in het huidige systeem geen criteria aangelegd. De vervoersaard is mede bepalend voor het indelen van een produkt in klasse 9. Met betrekking tot het luchtvervoer zijn vooral magnetische materialen van belang. Voorbeelden van eenduidige stoffen, die tot deze klasse behoren zijn vast kooldioxide en zinkdithioniet. Het RID en het ADR kennen op dit moment zelfs geen klasse 9. Zinkdithioniet is voor het ADR een stof van klasse 4.2 opsommingscijfer 6b.

## 5 TOEKOMSTIGE ASPECTEN

Het systeem funtioneeft qua doelstelling naar wens. De inzetbaarheid kan echter worden verhoogd door een aantal uitbreidingen van het systeem. Te denken valt hierbij aan de volgende onderstaande punten :

- 1 De naam van het produkt of het CAS (Chemical Abstract Substance) nummer kan als opzoekparameter bij het begin van de sessie ingevoerd worden. Voordeel is dat het systeem zelf direct aan de slag kan om die aspecten van een produkt te wegen, die uit de naam van de stof af te leiden zijn als bijvoorbeeld het voorkomen van chemische namen of groepen of meer algemeen begrippen in de bijvoorbeeld de handelsnaam. Dit kan tot een sneller resultaat aanleiding geven en bovendien zal bij het eventueel wegschrijven van het resultaat de produktnaam toch opgegeven moeten worden. Hierbij dient wel aangetekend te worden dat om dit mogelijk te maken een databank aan het systeem gekoppeld moet worden. Een ander aspect dat in het oog moet worden gehouden is de vraag voor welke naam dan gekozen moet gaan worden? Is dat de volledige chemische naam en zo ja voor welk systeem moet dan worden gekozen ? Ongeacht het te volgen systeem zal een wat ingewikkelder naam direct aanleiding zijn tot het insluipen van typefouten met alle gevolgen voor een verkeerde classificatie van dien. Een ander aspect wat hierbij overwogen moet worden is dat het ogenschijnlijk gemak van deze optie echter een sluipend gevaar meebrengt, namelijk indien het resultaat niet direct logisch overkomt zal op de gebruiker de taak rusten om via het verklarend deel van het systeem op zoek te gaan naar de logica van de gevolgde weg hoe tot dit resultaat gekomen is. Eventuele foute conclusies, die op basis van de produktnaam getrokken zijn, moeten dan hersteld worden. Met ander woorden deze optie legt een grotere verantwoordelijkheid op de schouders van de gebruiker en vraagt eigenlijk een grotere vakkennis van hem. Tevens stelt dit de nodige eisen aan de verklarende functie van het expert systeem.

- 2 Er kan een database aan het systeem gekoppeld worden. Door integratie met een database management systeem is de gebruiker zelf in staat een bestand van produktgegevens aan te leggen. Deze kunnen desgewenst gebruikt worden bij een sessie, ook de resultaten van een sessie kunnen hierin worden opgeslagen. Aan de andere kant bestaat de mogelijkheid om extern databanken te betrekken of een koppeling met deze databanken tot stand te brengen. Compatibiliteit van de hardware configuraties is één probleem op dit vlak, één ander is de wijze waarop de gegevens in de databank opgeslagen zijn en hoe deze te betrekken.
- 3 De beslissingstabel kan met de compatibiliteitsgroepen en divisies van klasse 1 uitgebreid worden. Dit vereist een relatief kleine uitbreiding van het systeem en heeft als voordeel dat het basisconcept van het systeem dan organisatorisch vrijwel compleet is. Het lijkt aanbevelenswaardig als deze overweging uitgevoerd wordt om dan ook de klasse 2 (gassen) op te splitsen. De criteria kunnen later ingevuld worden, net als gebeurd is met de onderverdeling van klasse 7 in drie divisies waar ook geen criteria voor zijn gesteld.
- 4 De criteria voor visceuze produkten uit klasse 3 kunnen in het systeem worden opgenomen. Een dergelijke uitbreiding is simpel in programmatuur om te zetten en het completeert de vastgestelde regels ten aanzien van klasse 3 volgens de UN Recommendations.
- 5 Een kans te verbinden dat het produkt tot een klasse behoort, eventueel met aanvulling van de subsidairy risks.

- 6 Overwogen kan worden om in de elementaire vragenlijst de vraag op te nemen of een produkt anorganisch is. Indien deze vraag bevestigend wordt beantwoord kunnen de klassen 5.2 en 6.2 zonder meer overgeslagen worden. Het maakt bovendien de kans dat het produkt tot de klasse 3 behoort bijzonder klein. In latere stadia kunnen dan tevens de schema's waarin naar puur organisch georiënteerde eigenschappen gevraagd wordt overgeslagen worden. Het succes van deze vraag is echter alleen verzekerd bij eenduidige stoffen. Voor mengsels lijkt een directe toepassing van dit criterium niet direct weggelegd. Indien de vraag met onbekend wordt beantwoord kan als verduidelijking gevraagd worden of het produkt een metaal verbinding bevat. In onderstaande opsomming worden een aantal mogelijkheden in beeld gebracht.
- a. Metaalbevattend maar geen organometaal.
  - b. Twijfelgevallen :
    - Boranen
    - Organometalen
    - Silanen
  - c. Organisch.
  - d. Onbekend.
  - e. Mengsel.


## 6 CONCLUSIES

De doelstelling van het project is ruimschoots gehaald. Er is een werkend prototype afgeleverd. Alle klassen zijn hierin modulair ondergebracht. Op deze manier is nieuw kennis op een eenvoudige manier per klasse toe te voegen of te veranderen. De aandacht heeft zich primair gericht op klassen 3 (brandbare vloeistoffen), 6.1 (giftige stoffen) en 8 (bijtende stoffen). Gezamenlijk maken deze 80% van het vervoersvolume uit.

Wat de domeinkant betreft, is het vastleggen, structureren, completeren en debuggen van de vastgelegde regels en voorschriften een groot voordeel van het maken van een kennissysteem. Een ander voordeel is de verhoogde toegankelijkheid van complexe handboeken en voorschriften. Het blootleggen en structureren van de in handboeken vastgelegde kennis kan een rijke discussie uitlokken. Men dient zich te realiseren dat de regels pas zijn opgesteld toen 80 % van de stoffen al was ingedeeld. Als voorwaarde voor die regels gold het uitgangspunt, dat reeds ingedeelde stoffen niet in een andere klasse terecht mochten komen. Op deze manier slepen de regels en voorschriften een groeiende historie met zich mee, die een streven naar vereenvoudiging en herstructurering ervan meer en meer in de weg staat.



Ir. J. Bruin  
(Groepsleider)



Ing. P.J.M. Warmerdam  
(Auteur)



Ing. A.J.Th. Rooijers  
(Auteur)

## LITERATUURLIJST

- 1 McCarthy, John et al LISP 1.5 Programmers Manual 1962.
- 2 Steele Jr, Guy L., Common LISP, The Language 1984.
- 3 Clocksin, W.F. & Mellish, C.S., Programming in PROLOG 1981.
- 4 Recommendations on the transport of dangerous goods fourth revised edition, New York, 1986.
- 5 Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route (ADR) 1985.
- 6 UN ST/SG/AC.10/13/Add.1 (march 1987).
- 7 Als bron kan de Table of Isotopes uit het Handbook of Physics and Chemistry dienen; tevens kunnen organische radioactief gelabelde verbindingen en preparaten in bedrijfscatalogi als de Merck index, Aldrich rare and fine chemicals enzovoort gevonden worden.
- 8 Chemiekaarten Veiligheidsinstituut, Vereniging Nederlandse Chemie industrie (VNC), Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden (NIA).

## LIJST VAN AFKORTINGEN

ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route.
ADNR	Accord européen relatif au transport des marchandises Dangereuses par voie de navigation intérieure Rhin.
DOT	Department Of Transport (USA).
DSA	Dangerous Substance Advisor.
EEC	European Economic Community.
IATA	International Air Transport Association.
ICAO	International Civil Aviation Organization.
IMO	International Maritime Organization.
IMDG	International Maritime Dangerous Goods (code).
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry.
RID	Règlement International concernant au transport des marchandises Dangereuses par chemin de fer.
UN	United Nations (Recommendations).



**BIJLAGE A: OVERZICHT GEVAARSKLASSEN OP VOLGORDE VAN KLASSE-  
EN TABELNUMMER**

Gevaarseigenschap	gradatie	k l a s s e		tabelnummer
Explosief		1		1
Gas		2		2
Brandbare vloeistof	zeer	3	I	3
	gewoon	3	II	4
	weinig	3	III	5
Brandbare vaste stof	zeer	4.1	I	6
	gewoon	4.1	II	7
	weinig	4.1	III	8
Zelf ontbrandbare stof	zeer	4.2	I	9
	gewoon	4.2	II	10
	weinig	4.2	III	11
Met water brandbaar gas	zeer	4.3	I	12
	gewoon	4.3	II	13
	weinig	4.3	III	14
Oxiderende stof	zeer	5.1	I	15
	gewoon	5.1	II	16
	weinig	5.1	III	17
Organisch peroxide		5.2		18
Giftig      inademen	zeer	6.1	I (Inh)	19
	gewoon	6.1	II (Inh)	20
dermaal	zeer	6.1	I (Derm)	21
	gewoon	6.1	II (Derm)	22
oraal	zeer	6.1	I (Oral)	23
	gewoon	6.1	II (Oral)	24
	weinig	6.1	III (Oral)	25
Infectueuze stof		6.2		26

Radioactief	zeer	7	I	27
	gewoon	7	II	28
	weinig	7	III	29
Corrosieve vloeistof	zeer	8	I (L)	30
	gewoon	8	II (L)	32
	weinig	8	III (L)	34
Corrosieve vaste stof	zeer	8	I (S)	31
	gewoon	8	II (S)	33
	weinig	8	III (S)	35
Overige gevaren		9		36

## BIJLAGE B: RANGORDE VAN GEVAARSEIGENSCHAPPEN

Eigenschap	K l a s s e		Tabelnummer
Te gevaarlijk			38
Zeer radioactief	7	I	27
Radioactief	7	II	28
Laag radioactief	7	III	29
Infectueus	6.2		26
Gas	2		2
Explosief	1		1
Organisch peroxide	5.2		18
Zeer giftig (inademen)	6.1	I (Inh)	19
Zeer spontaan ontbrandbaar	4.2	I	9
Zeer brandbare vloeistof	3	I	3
Spontaan ontbrandbaar	4.2	II	10
Zeer giftig bij huidkontakt	6.1	I (Derm)	20
Zeer corrosieve vloeistof	8	I (L)	30
Met water zeer ontvlambaar	4.3	I	12
Zeer brandbaar vast	4.1	I	6
Brandbare vloeistof	3	II	4
Brandbare vaste stof	4.1	II	7
Zeer corrosieve vaste stof	8	I (S)	31
Met water ontvlambaar	4.3	II	13
Sterk oxiderend	5.1	I	15
Zeer giftig bij opeten	6.1	I (Oral)	21
Corrosieve vloeistof	8	II (L)	32
Giftig bij inademen	6.1	II (Inh)	22
Corrosief vast	8	II (S)	33
Oxiderend	5.1	II	15
Weinig brandbaar vast	4.1	III	8
Weinig brandbare vloeistof	3	III	5
Giftig bij huidkontakt	6.1	II (Derm)	23

Weinig zelf ontbrandbaar	4.2	III	11
Giftig bij opeten	6.1	II (Oral)	24
Weinig corrosief vloeibaar	8	III (L)	34
Weinig corrosief vast	8	III (S)	35
Met water weinig ontvlambaar	4.3	III	14
Weinig oxiderend	5.1	III	17
Weinig giftig	6.1	III	25
Andere gevaren	9		36
Ongevaarlijk			37

**BIJLAGE C: KOOK- EN VLAMPUNTEN VAN DIVERSE ORGANISCHE  
VLOEISTOFFEN**

Opsomming van kookpunten en vlampunten van diverse organische vloeistoffen zoals  
deze vermeld staan in de chemiekaarten.

klasse	kookpunt	vlampunt	verschil
0 - 10	3	- 18	21
21 - 30	21	- 40	61
	30	< 0	30
31 - 40	32	- 10	42
	40	0	40
41 - 50	43	- 8	51
	44	- 30	74
	45	- 9	54
	45	- 27	72
	49	- 38	87
51 - 60	51	5	46
	53	0	53
	53	- 26	79
	55	- 13	68
	56	- 19	75
	57	- 10	67
	57	- 28	85
	59	- 8	67
	59	- 20	79

**Huidige scheiding verpakkingsgroep II en III**

61 - 70	63	- 15	78
71 - 80	71	- 1	72
	72	- 8	80

	75	- 7	82
	77	- 5	82
	78	- 12	90
	78	- 4	82
	80	6	74
	80	- 11	91
	80	2	78
81 - 90	81	- 18	99
	83	- 6	89
	83	11	72
	84	13	71
	88	5	83
	90	- 12	102
91 - 100	94	- 7	101
	95	74	21
	97	21	76
	99	24	75
101 - 110	102	12	90
	102	19	83
	103	40	63
	104	10	94
	104	13	91
	104	42	62
	105	19	86
	107	18	89
111 - 120	111	7	104
	115	40	75
	115	44	71
	117	4	113
	118	21	97
	118	29	89
	119	33	86
	119	34	85
	120	32	88

121 - 130	124	56	68
	126	56	70
	127	22	105
	128	55	73
131 - 140	134	21	113
	137	21	116
	138	25	113
	138	33	105
	139	25	114
	140	34	106
	140	40	100
	140	48	92
141 - 150	142	22	120
	142	52	90
	142	54	88
	145	32	113
	147	28	119
	150	48	102
	150	40	110
151 - 160	152	31	121
	153	79	74
	154	43	111
	156	43	113
	156	40	116
	160	35	125
161 - 170	161	68	93
	163	46	117
	164	63	101
	164	72	92
	166	50	116
	166	58	108
	170	53	117
	170	67	103
171 - 180	173	65	108

	177	47	130
	179	55	124
	179	60	119
	179	62	117
	179	64	115
	180	84	96
181 - 190	182	85	97
	184	68	116
	184	70	114
	185	51	134
	185	88	97
	186	107	79
	187	54	133
	190	57	133
191 - 200	191	72	119
	191	81	110
	192	62	130
	192	79	113
	192	90	102
	193	67	126
	195	81	114
	196	61	135
	197	72	125
201 - 210	202	82	120
	203	42	161
	204	109	95
	205	102	103
	206	101	105
	208	83	125
	209	108	101
211 - 220	212	102	110
	213	85	138
	214	97	117
	217	90	127



Voor de kookpunten van 61° - 130° Celsius is het gemiddelde verschil tussen kookpunt en vlampunt 83° Celsius met een standaarddeviatie van 15.4 (  $n = 41$  )

Aangezien de bovengrens van verpakingsgroep II op een vlampunt van 23° Celsius ligt, zou het overeenkomstige kookpunt criterium bij 137° Celsius ( $23 + 83 + 2 \times 15.4 = 137$ ) komen te liggen. De betrouwbaarheid is statistisch gezien 95 %, als het verschil tussen kook en vlampunt normaal verdeeld is. Uit deze bijlage wordt duidelijk dat het verschil toeneemt met het hoger worden van het kookpunt. Echter als de grens bij 140° Celsius gelegd wordt dan lijkt dit een redelijk betrouwbaar criterium.

Voor het traject van 170° - 220° Celsius is het gemiddelde verschil tussen kook- en vlampunt 115° Celsius met een standaardafwijking van 14 bij  $n = 37$ . Een brandbare vloeistof is een stof van klasse 3 als het vlampunt beneden de 60.5° Celsius ligt. Deze bovengrens omgewerkt naar het kookpunt wordt dit met een betrouwbaarheid van 95 % : 203° Celsius ( $60.5 + 115 + 2 \times 14$ ). Door de grens op 210° Celsius te stellen lijkt een redelijk betrouwbaar criterium te zijn verkregen.

## BIJLAGE D: SYSTEEMONTWERP

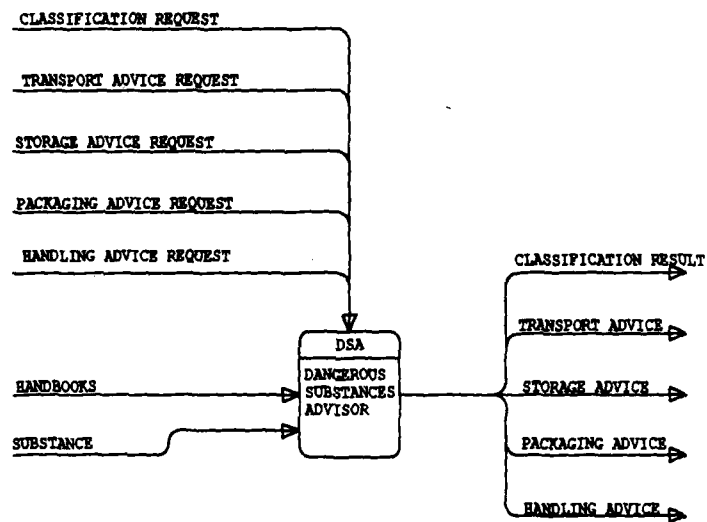


Fig. D.1: DSA globaal.

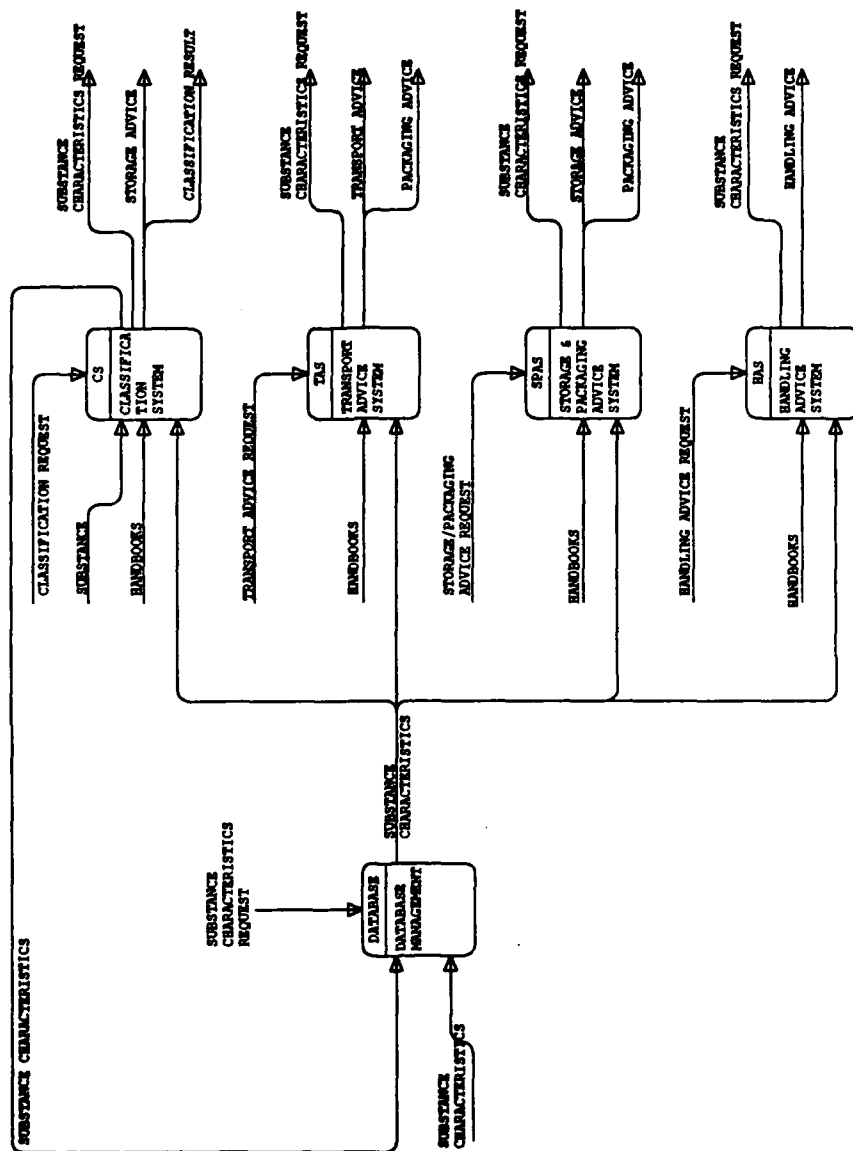


Fig. D.2: DSA 4 deelsystemen plus databank.

**Fig. D.3: Classificatie.**

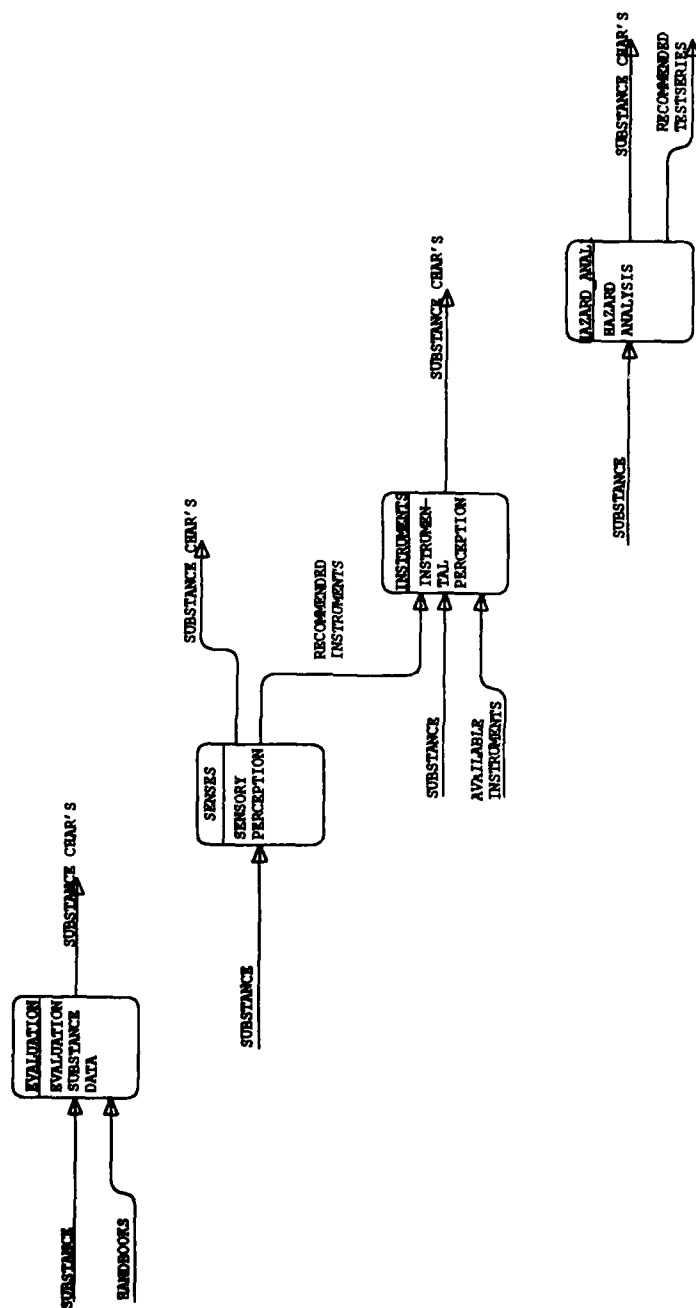


Fig. D.4: Bepaal stoffeigenschappen.

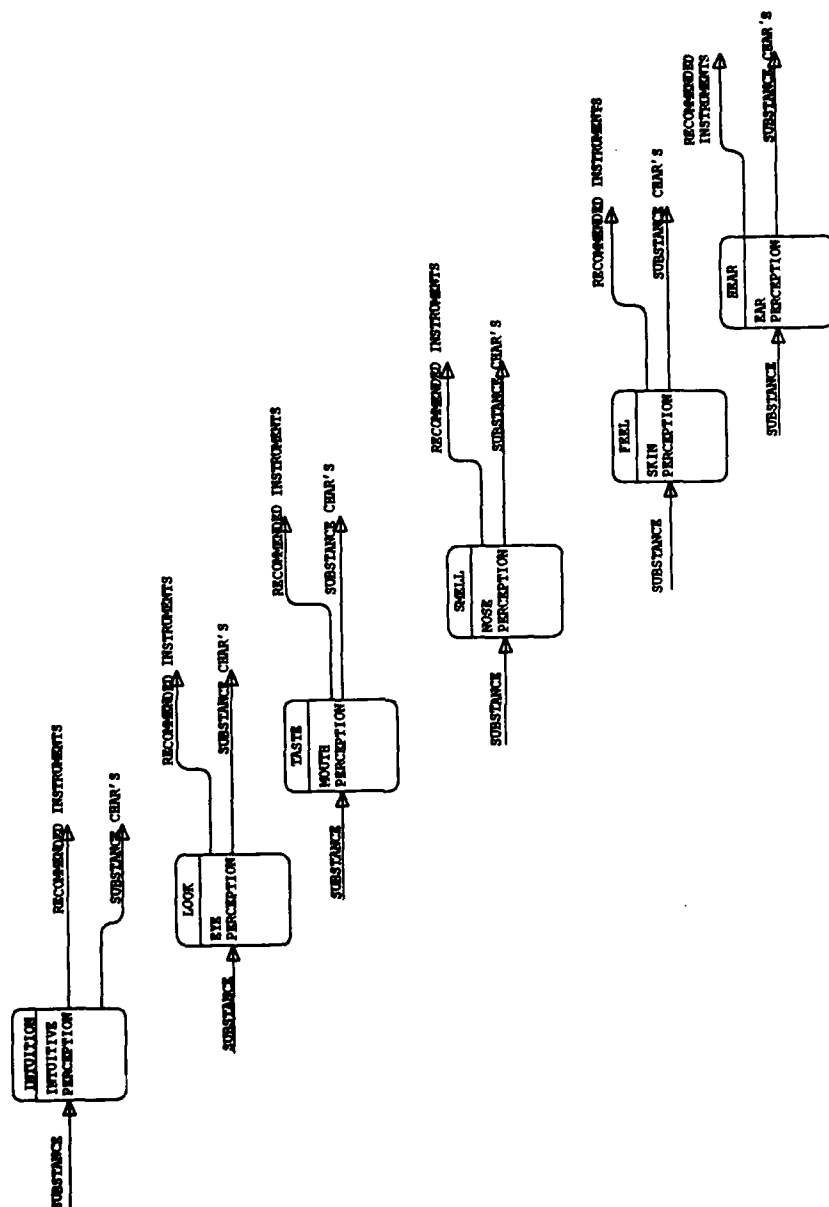


Fig. D.5: Bepaal stoffeigenschappen met zintuigen.

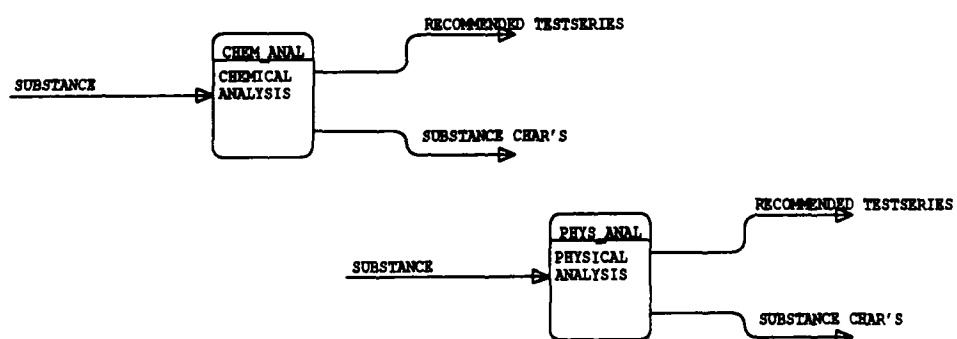


Fig. D.6: Bepaal stoffeigenschappen met instrumenten.



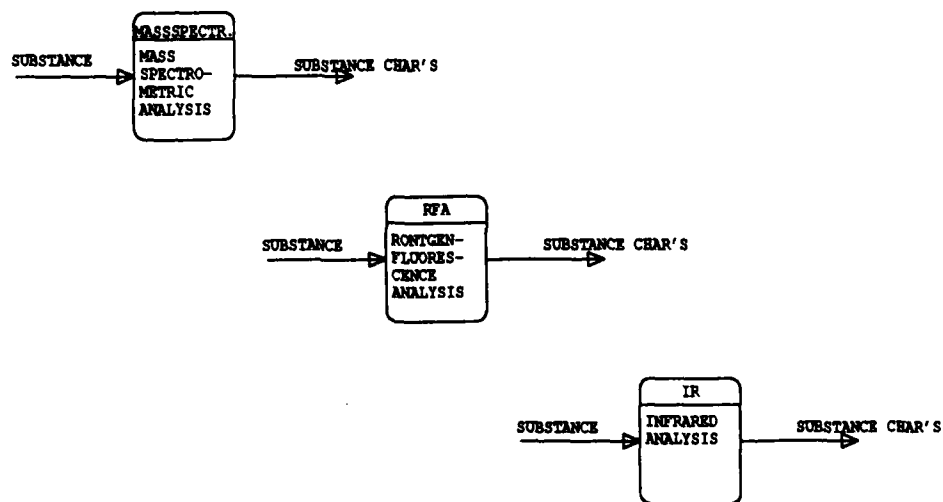


Fig. D.7: Bepaal stoffeigenschappen met chemische analyse.

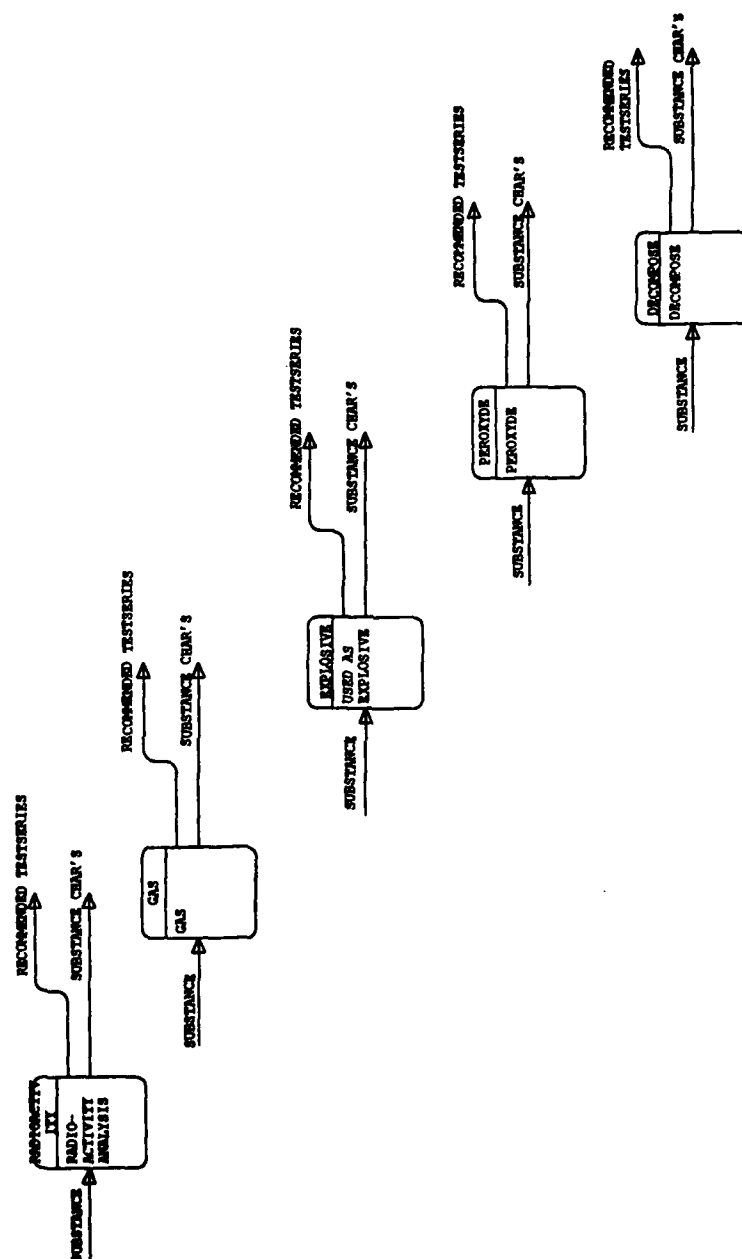


Fig. D.8: Gevaren analyse 1.

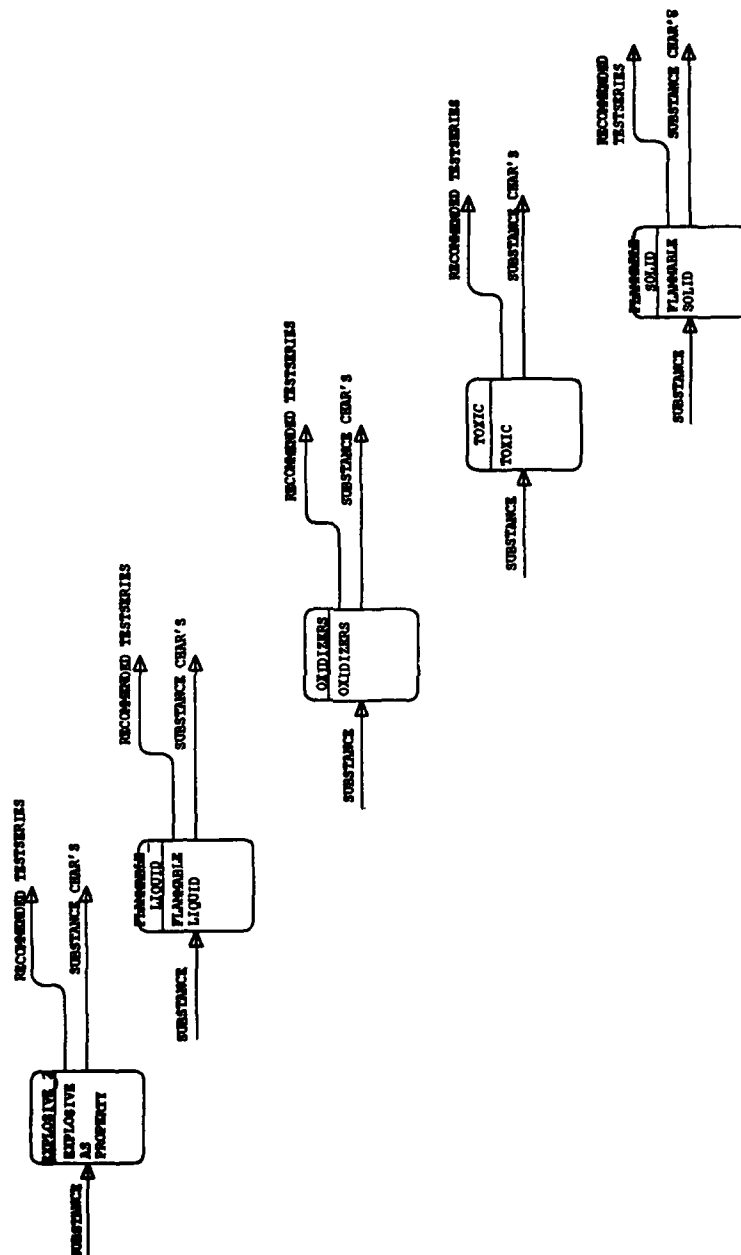


Fig. D.9: Gevaren analyse 2.

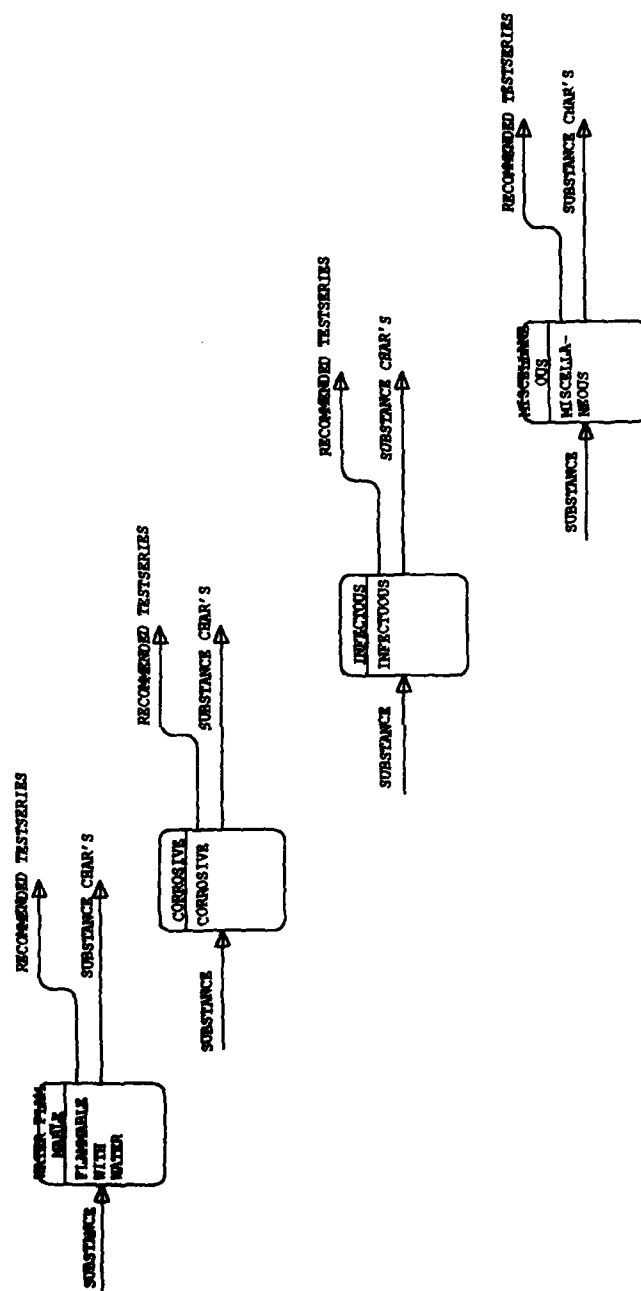


Fig. D.10: Gevaren analyse 3.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38

1 2 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 8 9 10 11

1 1 1 2 2 2 3 3 3 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 1 2 1 1 2 2 3 3

1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 1 1 2 2 2 3 1 2 3 L S L S L S

I D O I D O

[illegible]

[illegible]

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38

1 2 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 5 5 5 5 6 6 6 6 6 6 6 6 7 7 7 8 8 8 8 8 8 9 10 11

1 1 1 2 2 2 3 3 3 1 1 1 2 1 1 1 1 1 1 2 1 1 2 2 3 3

1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 2 3 1 1 1 2 2 2 3 1 2 3 L S L S L S

UNCLASSIFIED

REPORT DOCUMENTATION PAGE

(MOD-NL)

1. DEFENSE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD90-1237	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER FEL-90-B120
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 20302	5. CONTRACT NUMBER	6. REPORT DATE JUNI 1990
7. NUMBER OF PAGES 62	8. NUMBER OF REFERENCES 8	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED FINAL REPORT
10. TITLE AND SUBTITLE DANGEROUS SUBSTANCE ADVISOR: EEN EXPERT SYSTEEM VOOR HET CLASSIFICEREN VAN GEVAARLIJKE STOFFEN (DANGEROUS SUBSTANCE ADVISOR: AN EXPERT SYSTEM FOR THE CLASSIFICATION OF DANGEROUS GOODS)		
11. AUTHOR(S) A.J.TH. ROOIJERS P.J.M. WARMERDAM		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY TNO, P.O. BOX 96864, 2509 JG THE HAGUE, THE NETHERLANDS PRINS MAURITS LABORATORY TNO, P.O. BOX 45, 2280 AA RIJSWIJK, THE NETHERLANDS		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) TNO DIVISION OF NATIONAL DEFENSE RESEARCH, THE NETHERLANDS		
14. SUPPLEMENTARY NOTES THE PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY AND THE PRINS MAURITS LABORATORY ARE PART OF THE NETHERLANDS ORGANIZATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 POSITIONS) BOTH TNO-FEL AND TNO-PML HAVE, IN COOPERATION, DEVELOPED AN EXPERT SYSTEM FOR THE CLASSIFICATION OF DANGEROUS SUBSTANCES. THE GOAL OF THE RESEARCH HAS BEEN TWOFOLD. ON THE ONE HAND THERE WAS THE NEED TO GAIN MORE EXPERIENCE IN THE BUILDING OF EXPERT SYSTEMS (FEL), ON THE OTHER HAND, THERE WAS THE DESIRE TO INCREASE THE ACCESSIBILITY OF THE CLASSIFICATION OF DANGEROUS SUBSTANCES (PML). THE RESEARCH PROJECT HAS RESULTED IN A WORKING PROTOTYPE, THAT CLASSIFIES A PRODUCT INTO A CERTAIN CLASS ON THE BASIS OF SUBSTANCE CHARACTERISTICS. CLASSES 3, 6, 1 AND 8 HAVE BEEN EMPHASIZED, BECAUSE THEY MAKE OUT THE MAIN PART OF SUBSTANCES IN TRANSPORT. STARTING PRINCIPLE HAS BEEN THE UN RECOMMENDATIONS. SUBSTANCES ARE CLASSIFIED BY MEANS OF RULES AND DECISION TABLES. THE PRECEDENCE OF HAZARDS TABLE HAS BEEN EXTENDED ACCORDING TO OUR OWN INSIGHTS TO CONTAIN ALL CLASSES AND PACKING GROUPS. THIS CONTROLS THE WHOLE CLASSIFICATION PROCESS.		
16. DESCRIPTORS EXPERT SYSTEMS TRANSPORT ARTIFICIAL INTELLIGENCE		IDENTIFIERS HAZARDOUS MATERIALS CLASSIFICATION CLASSIFYING
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) UNCLASSIFIED	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) UNCLASSIFIED	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) UNCLASSIFIED
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT UNLIMITED AVAILABLE		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) UNCLASSIFIED

UNCLASSIFIED